

圧縮疲労を受けた橋梁用ゴム支承のせん断大変形に関する検討

寒地土木研究所 正会員 ○佐藤 京
ゴム支承協会 正会員 今井 隆
ゴム支承協会 正会員 原 暢彦
寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. はじめに

橋梁用ゴム支承は、橋梁の上部工および下部工を結ぶ重要な付属物である。地震時ではせん断ひずみ 250%を超えても破断に至らない性能が求められ、長期供用においてもその性能が低下しないための耐久性も要求される。

ゴム支承には、化学的作用による経年劣化のほか作用力による劣化（疲労など）が生じると考えられることから、これらの劣化がゴム支承に要求される設計性能に影響を与えないように対応することが重要である。

ここでは、繰返し载荷（疲労）を受けた場合のゴム支承の特性変化について試験的検証を行い、さらに疲労を受けたゴム支承にせん断大変形を与え、疲労による影響について報告する。

2. 試験概要

ゴム支承に作用する交通荷重の繰返しを想定した鉛直方向の繰返し圧縮载荷（以下、圧縮疲労）を受けたゴム支承 RB(NR)の試験体を用いて、せん断ひずみ 175%のほか、250%と 300%の大変形のせん断試験（以下、極限せん断試験）を行った。比較のため疲労影響を受けていない試験体による極限せん断試験も行っている。

2.1. 試験体概要

試験体は、「JIS K 6411:2012 道路橋免震用ゴム支承に用いる積層ゴム・試験方法」¹⁾（以下、JIS K 6411）の標準試験体 No.2 に準拠した。図-1 に試験体形状を、表-1 に試験体諸元を示す。

2.2. 圧縮疲労試験

本試験は、JIS K 6411 の圧縮疲労試験を基本として実施した。

文献 2)で報告しているように低温影響を検証することを目的として、常温および低温環境下で実施した試験である。図-2 に示すように 4 種 4 個の支承を鉛直に連結し、ゴム支承の鉛直方向が水平となるように支承固定ガイドにゴム支承を配置して雰囲気温度が同一となるよう同時载荷とした。試験条件を表-2 に示す。また、試験機器と試験体配置を図-3 に示す。

2.3. せん断特性試験

ゴム支承のせん断特性変化を確認するため圧縮疲労試験前、载荷 200 万回および 400 万回後に 6 ヶ月以上の気中養生後を行

表-1 試験体諸元（種類：RB (NR)）（）；標準値

	疲労有	疲労無
中間鋼板長さ(mm)	240x240	240x240
中間鋼板厚さ(mm)	3.2	3.2
ゴム 1 層厚さ t (mm)	7 (5)	7
内部ゴムの総数 n	4 (6)	5
被覆ゴムの厚さ(mm)	5	5
一次形状係数 S1	8.57 (12.0)	8.57
弾性係数の呼び	G12	G12

表-2 圧縮疲労試験条件

下限荷重 (kN)	316.8(5.5N/mm ²)
上限荷重 (kN)	691.2(12N/mm ²)
载荷振動数(Hz)	2
载荷回数(回)	200 万(常温), 400 万(低温)
水平ひずみ(%)	70(19.6mm)

表-3 せん断特性試験条件

せん断ひずみ振幅(%)	175	250	300
繰返し回数(回)	5	2	1
鉛直荷重 (N/mm ²)	6	6	6
载荷速度 (sin 波) (mm/sec)	10	5	5

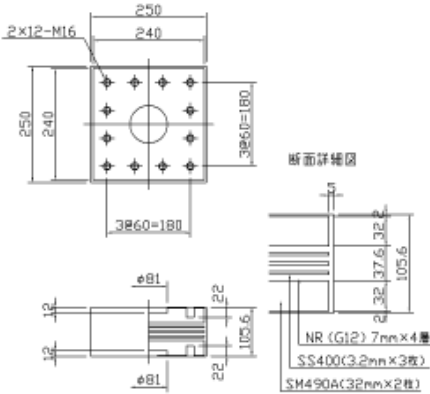


図-1 RB(NR)試験体

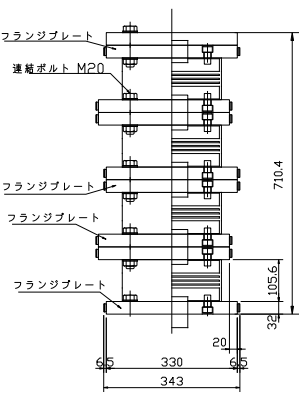


図-2 試験体の試験時状態側面図

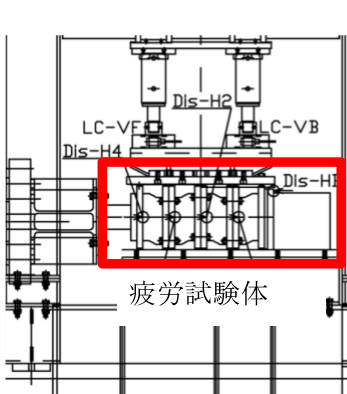


図-3 試験機器と試験体配置

キーワード ゴム支承, 疲労载荷, 疲労劣化, 寒冷

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 寒地土木研究所寒地構造チーム TEL011-841-1698

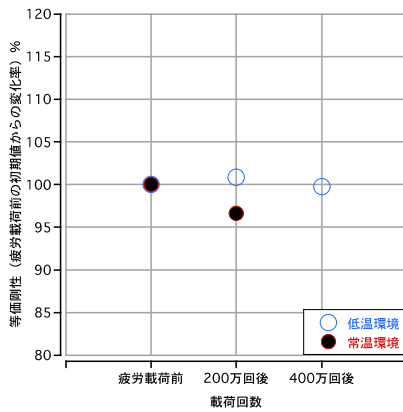


図-4 载荷回数と等価剛性変化率の関係

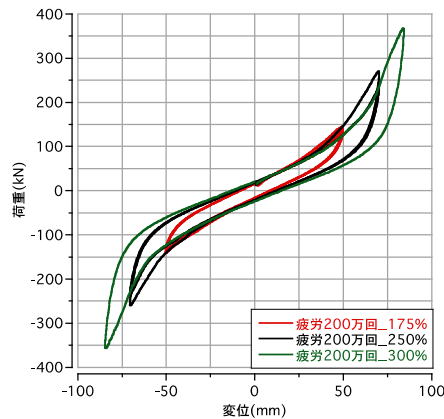


図-5 変位-荷重曲線 (常温環境の疲労)

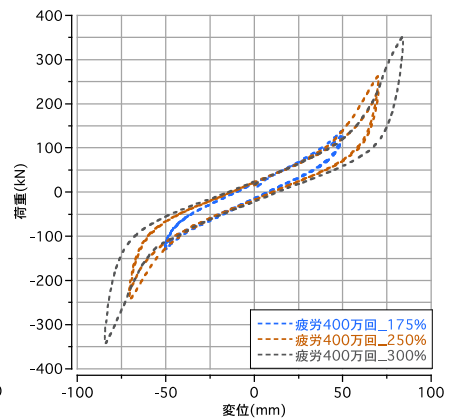


図-6 変位-荷重曲線 (低温環境の疲労)

い JIS K 6411 のせん断特性試験を行った。さらに疲労試験体せん断試験では、JIS K 6411 のせん断特性試験に準拠し、大変形のひずみ 250%と 300%を与え、それぞれ 2 回载荷と 1 回载荷を実施した。せん断特性試験の条件は、表-3 に示すおりである。なお、疲労影響の無いせん断試験の载荷速度は、10mm/sec である。

3. 試験結果と考察

3.1. 疲労を受けた支承の等価剛性

図-4 には、200 万回と 400 万回の载荷後の 175%せん断試験による等価剛性を疲労载荷前の初期等価剛性からの変化率として示す。なお、履歴ループ 3 回目のせん断試験結果を等価剛性としている。常温、低温環境の結果で比較すると常温環境における繰返し回数 200 万回後の剛性変化が大きいものの、どちらの雰囲気温度においても繰返し回数に伴う剛性変化は、 $\pm 5\%$ 以内と小さい。この試験条件の範囲では、雰囲気温度による疲労特性への影響は小さいと考えられ、低温影響を考慮した支承の疲労性能評価の必要性は低いと考えられる。

3.2. 大変形時のせん断試験

図-5 に常温環境で、図-6 に低温環境で圧縮疲労を受けた後の極限せん断試験による等価剛性の変化率を示す。また、圧縮疲労試験後の 175%せん断特性試験結果も併記した。

常温環境の疲労試験後では、せん断変位 49mm (ひずみ 175%) を超え、ハードニングが生じるまでの加重状態における履歴曲線の傾きは同程度であり、除荷時においても変位が小さい範囲では同程度であることが確認できる。ハードニングが生じている範囲を除き、変位と荷重の履歴においてせん断ひずみ振幅の違いによる影響は確認できない。図-6 に示す低温環境の疲労試験後の結果においても図-5 と同様の傾向を示す。

図-7 には、圧縮疲労試験前の等価剛性を基準として、圧縮疲労試験後の等価剛性と極限せん断試験の等価剛性の変化率を示している。繰返し回数が多い低温環境下の試験結果では、常

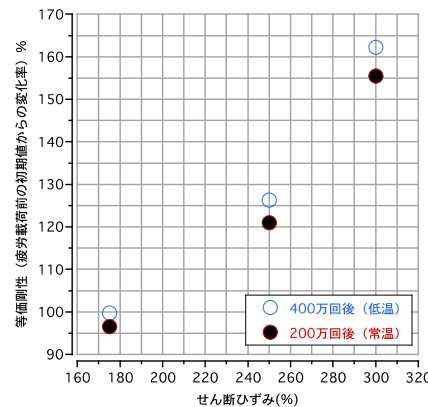


図-7 ひずみ-等価剛性変化率(疲労有)

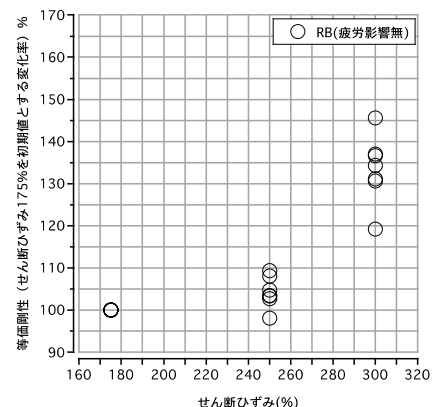


図-8 ひずみ-等価剛性変化率(疲労無)

温環境下よりも変化率が大きい。しかし、ひずみの増加にともなう剛性の変化割合は、どちらの環境においても線形的に増加していることが確認できる。以上より、载荷回数による影響や与えたひずみの大きさによらず、変位と荷重曲線は同じ挙動を示し、せん断ひずみと剛性変化率の関係が線形であることから、実施した試験範囲での疲労に与える低温環境での影響は小さいものと考えられる。

図-8 には、7 試験体より得られた疲労影響を受けていない極限せん断試験結果を示す。ひずみ 250%における等価剛性の変化率は、10%以下程度であり、ひずみ 300%を与えた場合、20%から 45%程度の剛性の上昇が確認できる。これを疲労影響を受けた図-7 の結果と比較するとひずみ 250%の場合には、20%の増加、ひずみ 300%の場合には 55%の増加となり、極限せん断試験による特性に対しては、鉛直疲労载荷の影響が確認された。ただし、鉛直疲労試験では、50 万回毎にせん断特性の変化を確認するための 175%のせん断特性試験を 60 回も実施しており、疲労かせん断のどちらの影響なのかを再検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：道路橋免震用ゴム支承に用いる積層ゴム-試験方法 JIS K 6411:2012
- 2) 佐藤京，今井隆，原暢彦，西弘明：圧縮疲労試験による橋梁用ゴム支承の特性変化に与える低温環境の影響について，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，I-575，2018。